

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-
ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
“Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища”

ХАРКІВ 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-
ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
“Біоіндикація та біотестування навколишнього середовища”
для студентів спеціальності 6.040106

Затверджено методичною
радою університету
протокол № від
“ “ 20 р.

ХАРКІВ 2018

Предметом дисципліни “Біоіндикація” є формування закономірностей та категорій забруднення довкілля та принципів оцінки його масштабів за допомогою живих організмів. Засоби біоіндикації дозволяють сформувати зовнішнє середовище, яке б гарантувало охорону природних біоценозів та здоров’я людини.

Мета викладання професійно-орієнтованої дисципліни “Біоіндикація” полягає в підготовці фахівця-еколога для рішення професійних завдань на підставі ознайомлення студентів із принципами біоіндикації, видами-індикаторами аномальних концентрацій хімічних сполук; знань щодо основних систем оцінки ступеню забруднення атмосфери, ґрунтів або водойм на основі стану їх екосистем.

Вивчення “Біоіндикації” базується на знаннях, отриманих при вивченні попередніх дисциплін: “Хімія”, “Біологія”, “Урбоекологія”, “Основи гідробіології”. Одержані знання й вміння будуть використано при вивченні комплексу професійно-орієнтованих дисциплін: ”Нормування антропогенного навантаження на природне середовище”, “Методи і заходи контролю довкілля”, “Основи моніторингу довкілля”.

Лабораторні роботи відповідають 3 темам:

1. Екологічні основи біоіндикації водойм.
2. Популяційно-динамічні зміни, які викликані антропогенними стресорами.
3. Вплив антропогенних факторів на динаміку біоценозів.

Лабораторна робота 1. Визначення середньозважених сапробних валентностей за Зелінке та Марваном

Мета заняття – набуття практичних навичок визначення міри забруднення водних об’єктів за індикаторними організмами шляхом розрахунку сапробності біоценозу.

Теоретичні відомості

Оцінка ступені забруднення за біологічними показниками, тобто за складом флори і фауни, може здійснюватись за індикаторними організмами. У такому випадку користуються заздалегідь розробленими системами видів-індикаторів, за

допомогою яких можна класифікувати ступінь забруднення по присутності чи відсутності індикаторних видів чи груп.

Сапробність - ступінь насиченості води органічними речовинами, що розкладаються, при постійному низькому вмісті кисню. Організми, які живуть у водах, що містять гниючі речовини, називаються сапробіонтами.

Розрізняють п'ять ступенів сапробності:

1) х - ксеносапробність - ступінь найбільш чистих вод;
2) о - олігосапробність - незабруднені води, розчинених органічних речовин практично немає, кількість кисню близько до величини нормального насичення, сірководень відсутній, діоксиду вуглецю мало;

3) β - мезосапробність - малозабруднені води, характеризуються присутністю аміаку і продуктів його окислювання, сірководень зустрічається в незначних кількостях, кисню у воді багато і мінералізація йде за рахунок повного окислювання органічної речовини;

4) α - мезосапробність - забруднені води, кисень присутній у незначних кількостях, кількість сірководню зростає, багато органіки, що нерозклалась;

5) ρ - полісапробність - дуже забруднені води, характеризуються майже повною відсутністю кисню, наявністю у воді білків, що нерозклалися, і значних кількостей сірководню.

Багато видів - індикаторів зустрічаються у водах двох чи навіть трьох ступенів сапробності. Для уточнення результатів біологічного аналізу введений показник сапробної валентності. Сапробна валентність виду показує якою мірою він характерний для того чи іншого ступеня сапробності. Кожному виду дається в сумі десять балів сапробної валентності, що розподіляються в тих ступенях, у яких він зустрічається.

Для того, щоб при оцінці ступеня забруднення підвищити роль видів, присутність яких характерна для визначеного ступеня сапробності, вводять поняття індикаторної ваги, що оцінюється для кожного виду в балах від 1 до 5.

Індикаторна вага 5 (кращі індикатори) - дається організмам, для яких усі 10 балів сапробної валентності розподіляються в

одному ступені сапробності чи у співвідношенні 9:1 у сусідніх ступенях сапробності.

Індикаторна вага 4 - дається організмам, у яких бали сапробної валентності знаходяться в двох сусідніх ступенях сапробності у співвідношенні 8:2 і 7:3; чи в співвідношенні 1:8:1 - у трьох ступенях сапробності.

Індикаторна вага 3 - дається у всіх випадках, коли бали валентності знаходяться в двох сусідніх ступенях сапробності в співвідношенні 6:4 чи 5:5 чи в трьох ступенях сапробності із середньої в шість чи сім балів.

Індикаторна вага 2 - привласнюється організмам, що зустрічаються в трьох ступенях сапробності, причому максимальна кількість балів в одному ступені досягає п'яти чи чотирьох, а також організмам з чотирьох ступенів сапробності із максимальною кількістю сім і шість балів в одній з них.

Індикаторна вага 1 (погані індикатори) - дається всім організмам, що зустрічаються в чотирьох ступенях сапробності з максимальною кількістю п'ять, чотири чи три бали в одній з них.

Порядок виконання роботи

Відповідно до варіанту (остання цифра залікової книжки) вибрати номери видів організмів у трьох точках відбору проб (табл 1).

Вибрати для кожного номеру виду організмів вихідні дані для розрахунку: сапробна валентність, індикаторна вага, індикаторне значення (табл. 2).

Розрахувати середньозважені сапробні валентності в трьох точках відбору проб і визначити сапробність ділянок.

Таблиця 1 - Перелік видів організмів за варіантами

Варіант	номери видів організмів-індикаторів у точках відбору проб		
	0 км	10 км	30 км
0	1,6,12,18,24	11,17,23,29,35	21,17,13,9,5
1	2,8,14,20,26	12,18,24,30,36	22,18,14,8,4
2	3,9,15,21,27	13,19,25,31,37	23,19,15,9,5
3	4,10,16,22,28	14,20,26,32,38	24,20,16,12,8
4	5,11,17,23,29	15,21,27,33,39	25,21,17,13,9
5	6,11,16,21,26	16,22,28,34,40	26,22,18,14,10
6	7,13,19,25,31	17,22,27,32,37	27,23,19,15,11

Продовження табл. 1

Варіант	номери видів організмів-індикаторів у точках відбору проб		
	0 км	10 км	30 км
7	8,14,20,26,32	18,23,28,33,38	28,24,20,16,12
8	9,15,21,27,33	19,24,29,34,39	29,25,21,17,13
9	10,16,22,28,34	20,15,10,5,1	30,26,22,18,14

Таблиця 2 - Вихідні дані для розрахунку індексів сапробності (витяг з атласу індикаторних організмів)

№ виду з табл. 2	Кількість особнів		Сапробна валентність					Індикаторна вага j	s
	в екз.(n)	%	A	B	C	D	E		
			x	o	β	α	p		
1	69	10	7	3				4	p
2	31	20	1	4	3	2		1	b
3	30	5	4	3	3			2	b
4	42	3	1	3	3	3		1	a
5	8	<1	7	3				4	b
6	28	10	9	1				5	a
7	4	<1	10					5	b
8	6	<1	7	3				3	b
9	2	<1	1	4	4	1		1	b
10	5	3	3	3	3	1		1	b
11	8	8	1	4	4	1		1	a
12	12	5	0	2	5	3		2	a
13	43	15	2	5	3			2	o
14	5	<1	2	7	1			3	b
15	18	10	1	4	5			3	a
16	6	<1	2	3	5			3	b
17	21	25	4	5	1			2	b
18	4	3	7	3				4	o
19	2	<1	1	6	3			3	h
20	17	5	7	3				4	b
21	54	25	1	6	3			3	a
22	32	10	1	5	4			3	o
23	7	<1	7	3				4	b
24	9	<1	4	5	1			3	b
25	11	3	4	5	1			2	a
26	30	10	3	5	2			2	a
27	8	2	2	6	2			3	o

Продовження табл. 2

№ виду з табл. 2	Кількість особнів		Сапробна валентність					Індикаторна вага j	s
	в екз.(n)	%	A	B	C	D	E		
			x	o	β	α	p		
28	45	5	2	6	2			3	o
29	5	<1	3	6	1			3	p
30	3	<1	4	6				3	b
31	8	<1	5	5				3	b
32	14	2	8	2				4	a
33	2	<1	5	5				3	b
34	10	3	8	2				4	b
35	23	5	3	3	3	1		1	b
36	6	<1	5	5				3	b
37	4	<1	4	6				3	a
38	7	<1	2	7	1			3	b
39	31	10	8	2				4	a
40	42	5	3	6	1			3	o

Для визначення ступеня сапробності всього біоценозу розраховують середньозважені сапробні валентності для ксеносапробної ступіні - А, олігосапробної - В і т.д. за формулами:

$$A = \frac{\sum a_i \cdot n_i \cdot j_i}{\sum n_i \cdot j_i}; \quad B = \frac{\sum b_i \cdot n_i \cdot j_i}{\sum n_i \cdot j_i} \text{ і т.д.} \quad (1)$$

де n_i - кількість особнів і-го виду;

j_i - індикаторна вага і-го виду;

a_i, b_i, c_i і т.д. - сапробні валентності і-го виду.

Приклад розрахунку середньозважених сапробних валентностей біоценозу за Зелінке і Марваном наведено в табл. 3.

Розраховуються добутки $a \cdot j \cdot n$; $b \cdot j \cdot n$; $c \cdot j \cdot n$ і т.д. для кожного виду та їхні суми (ΣP). Ці суми поділяються на суми добутків $j \cdot n$. Отримані значення є середньозваженими валентностями біоценозу.

Таблиця 3 - Приклад розрахунку середньозважених сапробних валентностей біоценозу

Вихідні дані

№ виду	Сапробні валентності за ступіннями сапробності				Індикаторна вага, j	Кількість особнів, n
	a (x)	b (o)	c (β)	d (α)		
1	3	3	3	1	1	69
2	5	5	-	-	3	31
3	4	6	-	-	3	30
4	2	7	1	-	3	42
5	-	8	2	-	4	8

Розрахунок

№ виду	x ($a j n$)	o ($b j n$)	β ($c j n$)	α ($d j n$)
1	207	207	207	69
2	465	465	-	-
3	360	540	-	-
4	252	882	126	-
5	-	256	64	-
ΣP	1284	2350	397	69
$\Sigma j n = 410$				
Середньозважені сапробні валентності біоценозу				
	A	B	C	D
	3,13	5,73	0,97	0,17

Максимальна середньозважена валентність характеризує біоценоз за сапробністю.

Висновок: сапробність проаналізованої ділянки водойми характеризується як олігосапробна (5,73).

Контрольні запитання

1. Які організми називають “індикаторними”, “сапробіонтами”?

2. Які є фізико-хімічні зміни якості води, що характеризують сапробність ?

3. Дати перелік основних ознак, за якими виділяють ступені сапробності.

4. Яка є біологічна суть таких показників: сапробна валентність, індикаторна вага?

Рекомендована література: (1,2)

Лабораторна робота 2. Розрахунок індексу сапробності (індекс Ротшайна)

Мета заняття - визначити якість води водного об'єкту за допомогою індексу сапробності Ротшайна.

Теоретичні відомості

Оцінка ступені забруднення води у водоймі може бути проведена за допомогою хімічного, бактеріологічного та біологічного методів. Під біологічним методом розуміють оцінку якості води за складом та станом рослинного та тваринного населення.

Біологічна рівновага водних екосистем підтримується чисельними рухомими зв'язками організмів між собою та з оточуючим середовищем. Антропогенне навантаження порушує цю рівновагу, що відображається на видовому складі біоценозу. Біологічний аналіз якості води дозволяє встановити зміни видового складу вже при такому слабкому забрудненні водойм, яке ще не може бути зареєстроване за допомогою хімічного чи бактеріологічного методів аналізу.

Оцінка якості або ступені забруднення за біологічними показниками, тобто за складом фауни чи флори, може бути проведена двома способами: 1) за індикаторними організмами та 2) за результатами порівняння населення на ділянках, де забруднення відсутнє і на забруднених ділянках. У першому випадку користуються заздалегідь розробленими системами індикаторних організмів, за допомогою яких за наявністю або відсутністю індикаторних видів або груп та їх відносній кількості можна віднести водойму або її зону до визначеного класу вод. В другому – немає потреби у системі індикаторних організмів або даних про чутливість окремих видів або груп до забруднення, тому що висновок робиться за результатами співставлення складу населення на різних станціях (створах) річки або ділянки водойми, які в різній мірі підлеглі забрудненню. Прикладом такого аналізу є розрахунок сапробіологічного індексу Ротшайна, який розраховується для біоценозів на різних ділянках водойми і використовується для побудови графіка.

При розрахунку індексу Ротшайна враховуються сапробні валентності й індикаторна вага показових організмів. Кожній ступені сапробності надається визначене чисельне вираження (s):

- ксеносапробна ступінь - $s_x = 90$
- олігосапробна ступінь - $s_o = 70$
- β -мезосапробна ступінь - $s_\beta = 50$
- α - мезосапробна ступінь - $s_\alpha = 30$
- полісапробна ступінь - $s_p = 10$

Для кожного зі ступенів сапробності підраховуються суми P (ΣP), що є добутком частоти зустрічальності видів, їх сапробної валентності й індикаторної ваги (аналогічно визначенню середньозваженої сапробіологічної валентності біоценозу – заняття № 1). При розрахунку індексу Ротшайна приймаються до уваги не усі види показових організмів, а тільки ті, котрі відносяться до ступені з максимальної ΣP та до двох сусідніх з нею. Значення інших ступеней у розрахунок не приймаються.

Сапробіологічний індекс Ротшайна дорівнює:

$$S_R = \frac{S_1 \cdot \Sigma P_1 + S_2 \cdot \Sigma P_2 + S_3 \cdot \Sigma P_3}{\Sigma P_1 + \Sigma P_2 + \Sigma P_3}, \quad (2)$$

де ΣP_2 - найвища з ΣP ;

ΣP_1 і ΣP_3 - сусідні з нею;

S_1, S_2, S_3 - значення $s_x \dots\dots s_p$ для відповідних ступенів сапробності.

У тому випадку, якщо максимальна ΣP припадає на одну з крайніх ступенів сапробності (ксеносапробну чи полісапробну), при розрахунку індексу враховуються не дві, а одна сусідня ступені. Якщо дві ΣP рівні, то також приймаються до уваги тільки дві ступені сапробності й індекс обчислюється за формулою:

$$S_R = \frac{S_1 \cdot \Sigma P_1 + S_2 \cdot \Sigma P_2}{\Sigma P_1 + \Sigma P_2} \quad (3)$$

Отримані значення сапробіологічного індексу витлумачуються таким чином:

ксеносапробна ступінь - 90-80

- олігосапробна ступінь - 80-60
- β -мезосапробна ступінь - 60-40
- α - мезосапробна ступінь - 40-20
- полісапробна ступінь - 20-10.

Порядок виконання роботи

1. Вихідними даними для розрахунку сапробіологічного індексу Ротшайна є дані, які отримано при виконанні роботи 1.

2. Розрахувати індекс сапробності Ротшайна і визначити сапробність кожної ділянки.

3. Результати звести в таблицю за зразком (табл. 2) та представити їх графічно.

Приклад розрахунку індексу Ротшайна.

Використовуємо дані, які наведено в табл. 1 роботи 1 та числове значення s_x s_p для відповідних ступеней сапробності:

Індекс Ротшайна характеризує досліджувану ділянку як олігосапробну зону.

Отримані результати надаємо в формі, зразок якої наведено в табл. 4

Таблиця 4 - Форма наведення результатів розрахунку індексу Ротшайна

точка	ΣP_1	ΣP_2	ΣP_3	S_1	S_2	S_3	S_R
1	1284	2350	397	90	70	50	74
2	1176	868	-	90	70	-	82
3	746	495	-	90	70	-	82

Для графічного зображення результатів розрахунків будемо графік, по осі ординат якого відкладаємо значення індексу Ротшайна, а по осі абсцис – точки відбору проб.

Контрольні запитання

1. Які переваги має біологічний метод аналізу якості води в порівнянні із хімічним та біологічним?

2. Надайте порядок розрахунку індексу Ротшайна, які дані для цього потрібно мати?

Рекомендована література: (1,2)

Лабораторна робота 3. Визначення сапробності за Пантле і Буком

Мета заняття - оцінити рівень забруднення відповідних ділянок водойми за допомогою чисельного вираження типових співтовариств гідробіонтів - індикаторів, графічно представити дані біологічного аналізу якості води водного об'єкту.

Теоретичні відомості

Системи біологічного аналізу якості води та засоби оцінки рівня забруднення можна поділити на три групи. В першу групу поєднані всі системи та засоби, у яких результати біологічного аналізу витлумачуються на основі показового значення організмів, що знайдено в пробах води. До другої групи підпадають засоби оцінки ступеня забруднення за видовим різноманіттям населення водойми, що обстежується. У третю групу поєднані системи, в яких використане як показове значення організмів, так і видове різноманіття: оцінка ступені забруднення залежить від кількості видів, що зустрічаються в даній зоні, але види, що несталі до забруднення, впливають на визначення ступені забруднення сильніше, ніж сталі види. Таким чином, остаточно оцінка залежить і від видового різноманіття, і від того, які види це різноманіття утворюють.

Видовий склад співтовариства свідчить про середній за тривалий період часу склад води. Різні організми мають різну ступінь чутливості і тому характеризують різні відрізки часу. В залежності від мети і обставин використовують різні групи організмів.

Найбільш чутливими є бактерії, вони дуже швидко розмножуються у забрудненій воді, при концентраціях, які ще не може зареєструвати хімічний метод аналізу. Але бактерії мають дуже короткий життєвий цикл і тому характеризують дуже короткий період часу.

Простіші є космополітами і тому особливо придатні для використання в спробній системі. Простіші дуже чутливі до змін хімічного складу води і є цінними показниками органічного забруднення, але обмежене їх використання при аналізі токсичних промислових стоків.

Багатоклітинні безхребетні та водорості слід використовувати для біологічного аналізу води при слабкому органічному забрудненні. Безхребетні мають більш довгий життєвий цикл і тому характеризують більш тривалий відрізок часу. Представників цієї групи можна використовувати для оцінки ступені забруднення як побутовими, так і промисловими стічними водами.

За методом Пантле і Бука кількісна оцінка видів-індикаторів забруднення враховує відношення окремих видів до п'яти відомих ступенів системи сапробності - s (табл. 5) і відносну частоту зустрічальності - h (табл. 6).

Таблиця 5 - Умовні ознаки та значення s для різних ступенів сапробності

Шкала сапробності	умовні ознаки	значення s
ксеносапробна	x	0
олігосапробна	o	1
β - мезосапробна	b	2
α -мезосапробна	a	3
полісапробна	p	4

Таблиця 6 - Відносна частота зустрічальності видів-індикаторів та значення h

Шкала частоти	кількість екз. одного виду (%) від загальної кількості	значення h
дуже рідко	< 1	1
рідко	2-3	2
нерідко	4-10	3
часто	11-20	5
дуже часто	21-40	7
масовий розвиток	41-100	9

Обидві величини - s та h входять у формулу для обчислення індексу сапробності:

$$S = \frac{\sum(h \cdot s)}{\sum h} \quad (4)$$

У полісапробній зоні він дорівнює - 4,0-3,5; у β -мезосапробній зоні - 3,4-2,5; у α -мезосапробній зоні -2,4-1,5; в олігосапробній - 1,4-1,0 і в ксеносапробній – менше 1.

Порядок виконання роботи

1. Відповідно до вихідних даних індивідуального завдання визначити процент зустрічальності кожного виду у пробах трьох пунктів відбору (%).

2. Визначити чисельне значення ступеня сапробності кожного виду - s (табл. 5) та чисельне значення зустрічальності кожного виду - h (табл. 6).

3. Визначити сапробність у трьох точках відбору проб за Пантле і Буком.

4. Результати звести в таблицю за зразком (табл. 8).

В табл. 7 наведено приклад розрахунку сапробності за Пантле та Буком.

Таблиця 7 - Приклад оцінки рівня забруднення за методом Пантле і Бука

Точка відбору	№ виду	s		h		sh	індекс
		умовна ознака	чисельне вираження	% в пробі	чисельне вираження		
1	1	b	2	16	5	10	x
	2	a	3	34	7	21	x
	3	o	1	4	3	3	x
	4	b	2	2	2	4	x
	5	a	3	45	9	27	x
				сума	26	65	2,5

Таким чином, для наведеного прикладу можна зробити висновок, що вода в даному пункті характеризується як β -мезосапробна.

Отримані результати надаємо в формі, зразок якої наведено в табл. 6

**Таблиця 8 - Форма надання результатів розрахунку сапробності за
Пантле і Буком**

Точка	№ виду	s	h	sh	індекс
1	4	3	2	6	x
	10	1	2	2	x
	16	2	1	2	x
	22	1	3	3	x
	28	1	3	3	x
		сума	11	16	1,45
2	14	2	1	2	x
	20	2	3	6	x
	26	3	3	9	x
	32	3	2	6	x
	38	2	1	2	x
		сума	10	25	2,50
3	24	2	1	2	x
	20	2	3	6	x
	16	2	1	2	x
	12	3	3	9	x
	8	2	1	2	x
		сума	7	21	3,00

Контрольні запитання

1. Охарактеризувати біологічні методи оцінки якості води, за якими ознаками їх розподіляють на групи?

2. Які переваги мають методи оцінки якості води, в яких приймають до уваги як чутливість організмів до забруднення, так і їх відносну кількість?

3. Дати характеристику та межі використання в біологічному аналізі бактерій, простіших та безхребетних?

Рекомендована література: (1-4).

Лабораторна робота 4. Графічне представлення даних біологічного аналізу якості води водного об'єкту за показовими організмами

Мета заняття – оволодіти методами графічного представлення даних біологічного аналізу рівня забруднення водного об'єкту за показовими видами-індикаторами.

Теоретичні відомості

Для графічного надання результатів дослідження стану біоценозів за допомогою видів-індикаторів використовують криві відносної чистоти і відносного забруднення води водойми. Крапки першої являють собою відношення суми балів частоти зустрічальності (h) оліго - і β- сапробів до суми балів усіх показових організмів у відсотках:

$$\frac{\sum x + o + b}{\sum x + o + b + a + h}, \%$$

Дзеркальним відображенням кривої відносної чистоти водойми є крива відносного забруднення, крапки якої це відношення суми балів частоти зустрічальності (h) α-сапробів і полісапробів до суми балів усіх показових організмів, виражене у

$$\frac{\sum a + p}{\sum x + o + b + a + h}, \%$$

Порядок виконання роботи

1. Відповідно до вихідних даних індивідуального завдання виразити чисельне значення зустрічальності видів кожного ступеня сапробності в балах – h, аналогічно прийому з роботи 3.

2. Розрахувати значення відносного забруднення та відносної чистоти води в трьох точках та представити їх графічно.

Приклад розрахунку даних для графічного представлення рівня забруднення води у водному об'єкті наведено у табл. 9. Ця ж таблиця, крім графіка, є формою представлення результатів лабораторної роботи.

Таблиця 9 - Приклад розрахунку та форма наведення результатів роботи

Вихідні дані				Розрахунок	
Точка	№ виду	<i>s</i>	<i>h</i>	Показник	Значення
1	3	<i>a</i>	3	$\sum a + p$	3
	9	<i>o</i>	5	$\sum o + b$	24
	15	<i>b</i>	9	$\sum o + b + a + p$	27
	21	<i>o</i>	5	Відносне забруднення, %	11
	27	<i>o</i>	5	Відносна чистота, %	89
2	13	<i>b</i>	2	$\sum a + p$	19
	19	<i>b</i>	3	$\sum o + b$	5
	25	<i>a</i>	7	$\sum o + b + a + p$	24
	31	<i>a</i>	5	Відносне забруднення, %	79
	37	<i>a</i>	7	Відносна чистота, %	21
3	23	<i>a</i>	3	$\sum a + p$	22
	19	<i>o</i>	2	$\sum o + b$	2
	15	<i>a</i>	5	$\sum o + b + a + p$	24
	9	<i>a</i>	5	Відносне забруднення, %	92
	5	<i>p</i>	9	Відносна чистота, %	8

Знайдені значення відкладають на вертикальній осі графіку, на горизонтальній осі відкладають точки відбору чи відстані між станціями відбору проб.

Контрольні запитання

1. Які дані необхідно мати для графічного наведення результатів біологічного аналізу якості води водного об'єкту?

2. Як побудувати графік відносної забрудненості та відносної чистоти води в зоні водойми, що досліджується?

Рекомендована література: (1).

Лабораторна робота 5. Оцінка ступеня забруднення по видовій різноманітності і подібності

За результатами дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках ріки розрахувати ступінь їхньої подоби за видовим складом і кількісним співвідношенням видів за допомогою індексів

різноманітності і подібності. Порівняти отримані результати і пояснити розходження між ними.

Теоретичні відомості

Найважливішим показником видової структури співтовариства є його видова різноманітність. Передусім вона залежить від видового багатства співтовариства, що виражається відношенням числа видів у біоценозі до кількості особнів.

Показники різноманітності, що дозволяють порівнювати біоценози по видовому багатству, являють собою кількісне вираження біоценотичного принципу А. Тінемана, відповідно до якого в сприятливих умовах середовища число видів велике, але кожний представлений невеликим числом особнів. У цьому випадку показник різноманітності найбільш високий. Коли середовище несприятливе, видів стає мало, але чисельність (біомаса) деяких з них дуже висока, а інших - мала, і показник різноманітності знижується.

Видова різноманітність біоценозів у процесі їхнього існування до якихось меж підвищується. Молоді співтовариства, що формуються, звичайно бідніші видами, ніж давно сформовані і більш вирівняні за своїм складом. Непорушений розвиток екосистем веде до збільшення їхньої своєрідності, зокрема, до збільшення видової різноманітності і стабільності, а наслідки антропогенних впливів діють у зворотному напрямку.

Оскільки зі збільшенням ступеня забруднення видова різноманітність, як правило, зменшується, для оцінки рівня забруднення можуть бути використані індекси різноманітності, запропоновані різними авторами.

1. Коефіцієнт (індекс) Симпсона чи міра домінування - приділяє основну увагу достатку самих звичайних видів, а не видовому багатству; описує імовірність приналежності будь-яких двох особнів, випадково відібраних зі співтовариства, до різних видів:

$$D_c = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}, \quad (5)$$

де n_i - чисельність i -го виду, N – загальна кількість особнів у співтоваристві.

По мірі збільшення D різноманітність зменшується, тому індекс Симпсона використовують у формі $1 - D$ чи $1/D$ (зворотний індекс Симпсона).

2. Для оцінки ступеня видової подібності біоценозів найбільш часто використовують індекси:

а) коефіцієнт (індекс) Жаккара: $K = c / (a + b) - c$

б) коефіцієнт (індекс) Серенсена (якісний - видова подібність): $K = 2c / (a + b)$, де a і b - числа видів, виявлених у кожному з біоценозів, що порівнюються; c - число загальних для них видів;

Коефіцієнти дорівнюють 1 у випадку повної подібності (тобто ідентичність видових складів) і 0, якщо вибірки зовсім різні і не включають загальних видів.

3. Для обліку кількісних даних, а саме, достатку видів використовується модифікований індекс Серенсена:

а) коефіцієнт (індекс) Серенсена (кількісний): $C_N = 2j / (a + b)$, де a - загальне число особнів на ділянці А; b - загальне число особнів на ділянці В; j - сума найменших із двох достатків видів, що зустрічаються на обох ділянках. Так, якщо 12 особнів виду було знайдено на ділянці А та 29 особнів того ж виду - на ділянці В, підраховуючи j , варто узяти величину 12.

Порядок виконання роботи

Виконати завдання по варіантах відповідно до останньої цифри номера залікової книжки.

Варіант 0. Вам передані результати дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках ріки. Розрахуйте ступінь їх подоби за видовим складом і кількісним співвідношенням видів за допомогою індексу Серенсена.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Achanthes lanceolata</i>	22	6	22
<i>Epithemia zebra</i>	12	8	
<i>Fragilaria capucina</i>	50	4	50
<i>Fragilaria construens</i>	24	6	24
<i>Anabaena variabilis</i>	140		
<i>Merismopedia glauca</i>	102		

<i>Ceratium hirundinella</i>	5		
<i>Euglena caudata</i>	8		
<i>Actinastrum acicularis</i>	16		115
<i>Clostenium acerosum</i>	12		106
<i>Crucigenia fenestrata</i>	10		25

Варіант 1. Вам передані результати дослідження проб фітопланктону з 3 ділянок водойми. Розрахуйте ступінь їх подоби за видовим складом за допомогою індексу Жаккара.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Bacillaria paradoxa</i>	2		
<i>Caloneis amphisbaena</i>	4	2	
<i>Epithemia sorex</i>	6	9	
<i>Anabaena affinis</i>	5	14	
<i>Anabaena spiroides</i>	10	12	
<i>Gloeocapsa minuta</i>	2	10	
<i>Colacium vericulosum</i>	16	6	45
<i>Euglena acus</i>	8	8	23
<i>Actinastrum hantzschii</i>	7		15
<i>Cladophora glomerata</i>	12		
<i>Arachnochloris major</i>	10	8	

Варіант 2. Вам передані результати дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках ріки. Розрахуйте ступінь їхньої подоби за видовим складом і кількісним співвідношенням видів за допомогою індексу Серенсена.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Achanthes lanceolata</i>			41
<i>Epithemia zebra</i>		15	19
<i>Fragilaria capucina</i>			45
<i>Fragilaria construens</i>		10	
<i>Arachnochloris major</i>	18		
<i>Anabaena variabilis</i>		31	
<i>Merismopedia glauca</i>	12		
<i>Colacium vericulosum</i>	16	24	
<i>Ceratium hirundinella</i>	11	63	

<i>Cladophora glomerata</i>	2		
<i>Euglena caudata</i>	8	23	

Варіант 3. Вам передані результати дослідження фітопланктонних співтовариств на 3 ділянках водойми. Розрахуйте індекс видової різноманітності за Симпсоном для співтовариств на кожній ділянці.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Asterionella formosa</i>	90	8	
<i>Cocconeis placentula</i>	58		5
<i>Fragilaria intermedia</i>	63	7	
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	12		36
<i>Gloeocapsa turgida</i>	8	33	
<i>Phacus acutus</i>	6	23	6
<i>Actinastrum angustus</i>	9		24
<i>Cosmarium botrytis</i>	14		
<i>Centritracus ellipsoideus</i>	19		

Варіант 4. Вам передані результати дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках водойми. Розрахуйте індекс видової різноманітності за Симпсоном для співтовариств на кожній ділянці.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Cymatopleura solea</i>	67		29
<i>Epithemia lunaris</i>	92	76	
<i>Gomphonema acuminatum</i>	114		
<i>Lyngbia limnetica</i>	30		15
<i>Phacus caudatum</i>	18	12	
<i>Euglena acus</i>	23	8	50
<i>Colacium vericulosum</i>	11	6	
<i>Crucigenia fenestrata</i>	25	10	99
<i>Crucigenia irregularis</i>	54		

Варіант 5. Вам передані результати дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках ріки. Розрахуйте ступінь їх подібності за видовим складом і кількісним співвідношенням за допомогою індексу Жаккара.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Cocconeus stelligera</i>	56		58
<i>Cymatopleura elliptica</i>	89	9	8
<i>Navicula cincta</i>	32	16	
<i>Merismopedia punctata</i>	76		8
<i>Colacium vericulosum</i>	45	16	
<i>Euglena acus</i>	50	8	
<i>Actinastrum acicularis</i>	115	16	15
<i>Clostenium acerosum</i>	106	12	10
<i>Crucigenia fenestrata</i>	99	10	25
<i>Didymocystis lineata</i>	147		47

Варіант 6. Вам надані результати дослідження проб фітопланктону на 3 ділянках водойми. Розрахуйте індекс видової різноманітності за Симпсоном для співтовариств на кожній ділянці.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Achanthes lanceolata</i>	32	40	87
<i>Epithemia zebra</i>	10	53	30
<i>Caloneis amphisbaena</i>	12	50	
<i>Epithemia sorex</i>	25	15	
<i>Fragilaria capucina</i>	5	8	13
<i>Fragilaria construens</i>	2		
<i>Anabaena affinis</i>			160
<i>Anabaena spiroides</i>		67	93
<i>Gloeocapsa minuta</i>			40
<i>Cladophora glomerata</i>	10	20	25
<i>Phacus caudatum</i>	45	53	104
<i>Euglena acus</i>			5
<i>Colacium vericulosum</i>	5	50	50

Варіант 7. Вам надані результати дослідження співтовариств планктонних водоростей на 3 ділянках водойми-охолоджувача ГРЕС.

Розрахуйте ступінь їх подібності за видовим складом і кількісним співвідношенням за допомогою індексу Жаккара.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Navicula gracilis</i>	32	40	87
<i>Synedra ulna</i>	10	53	30
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	12	50	
<i>Nitzschia lorenziana</i>	25	15	
<i>Nitzschia acicularis</i>	5	8	13
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	2		
<i>Melosira granulata</i>	2	1	
<i>Fragilaria intermedia</i>			160
<i>Euglena acus</i>		67	93
<i>Ankistrodesmus longissimus</i>			40
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	100	20	25
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	45	53	104
<i>Tetrastrum glabrum</i>			5
<i>Garrulus glandarius</i>	5	50	50

Варіант 8. Вам надані результати дослідження співтовариств планктонних водоростей на 3 ділянках ріки, розташованих на різних відстанях від скидання стічних вод промислового підприємства. Розрахуйте ступінь їх подібності за видовим складом і кількісним співвідношенням за допомогою індексу Жаккара.

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Binuclearia lauterbornii</i>	32	40	87
<i>Pediastrum boryanum</i>	10	53	30
<i>Schroederia setigera</i>	12	50	
<i>Tetrastrum glabrum</i>	25	15	
<i>Tetraedron minimum</i>	5	8	13
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	2		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2	1	
<i>Oocystis bordei</i>			160
<i>Tetraedron caudatum</i>		67	93
<i>Euglena acus</i>			40
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	1	20	25
<i>Navicula gracilis</i>	45	53	104

<i>Navicula hungarica</i>	50		5
<i>Navicula placentula</i>	5	50	50

Варіант 9. Вам надані результати дослідження фітопланктонних співтовариств на 3 ділянках водоймища. Розрахуйте ступінь їх подібності за видовим складом кількісним співвідношенням за допомогою індексу Серенсена

Види водоростей	Кількість особнів у пробах на ділянках		
	1	2	3
<i>Epithemia sorex</i>	32	40	87
<i>Achanthes lanceolata</i>	10	53	30
<i>Fragilaria capucina</i>	12	50	
<i>Fragilaria construens</i>	25	15	
<i>Asterionella formosa</i>	5	8	13
<i>Cocconeis placentula</i>	2		
<i>Euglena acus</i>	2	1	
<i>Anabaenopsis elenkinii</i>			160
<i>Gloeocapsa turgida</i>		67	93
<i>Lyngbia limnetica</i>			40
<i>Tetraedron caudatum</i>	50	20	25
<i>Euglena acus</i>	45	53	104
<i>Colacium vericulosum</i>	10		5
<i>Phacus acutus</i>	5	50	50

Рекомендована література

1. Методы биологического анализа вод. М., 1976.
2. Макрушин А.В. Биологический анализ качества воды. Л., 1974.
3. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение.,М, 1992.
4. Емельянов В.И. Роль разнообразия в развитии экологических систем. М., 1992

